

LEHMIEN KÄYTTÄYTYMISEEN PERUSTUVIEN KIIMANSEURANTAMENETELMIEN VERTAILU

Martta Väärälä
Pro Gradu
Itä-Suomen Yliopisto
Biologian laitos 2015

Kiimanseuranta on edellytys toimivalle maitotuotannolle. Karjakokojen kasvaessa kiiman merkkien havaitseminen karjasta vaikeutuu. Huomaamatta jääneet kiimat ja menetetyt siemennysmahdollisuudet pidentävät lehmien poikimisväliä ja aiheuttavat näin taloudellisia tappioita tilanomistajalle. Tämän tutkielman tavoitteena oli testata eri käyttäytymiseen perustuvien kiimanseurantamenetelmien luotettavuutta ja käyttökelpoisuutta tilallisen kannalta.

Tutkimus toteutettiin Maaningalla MTT:n Halolan tutkimusnavetalla kevään ja kesän 2012 aikana. Ensimmäinen testattava menetelmä oli Nedap Lactivator –askelmittari, jonka toiminta perustuu lehmän askelmäärän lisääntymiseen kiiman alkaessa. Sensori kiinnitettiin lehmän jalkaan ja sen tiedot tallentuivat kahdesti päivässä lypsyn yhteydessä järjestelmään. Toisena testattavana laitteena oli Heatime-RuminAct –panta, jonka kiiman tunnistaminen perustui kiihtyvyysanturin havaitsemiin muutoksiin lehmän aktiivisuudessa kiiman aikana. Kolmas yksinkertaisempi menetelmä oli Estrus Alert –kiimatarrat, jotka liimattiin lehmän häntäkyhmyn päälle ilmentämään seisovaa kiimaa.

Askelmittaria ja kiihtyvyysanturia testattiin koko kevään ja kesän aikana. Mukana testauksessa olivat kaikki lehmät, joilla oli mahdollisuus tulla kiimaan tutkimusjakson aikana (n=101). Kiimatarroja testattiin 29 päivän ajalta lopulta 41 lehmällä, joilla oli mahdollisuus tulla kyseisenä ajanjaksona kiimaan. Kultaisena standardina tutkimuksessa käytettiin neljästi päivässä toteutettavan silmämääräisen kiimantarkkailun havaintoja seisovasta kiimasta. Tutkimuksen edetessä tähän lisättiin vielä onnistuneiden siemennysten päivämäärät, jotta saataisiin kultainen standardi vastaamaan paremmin tilannetta tiloilla.

Menetelmien antamia tietoja kiimakierroista verrattiin kultaiseen standardiin sekaannusmatriisin avulla. Niiden avulla laskettiin kullekin menetelmälle ”accuracy” (oikein tunnistettujen tapausten osuus kaikista tapauksista), ”precision” (kuinka suuri osa testin tunnistamista kiimoista oli oikeita kiimoja), ”sensitivity” (kuinka suuren osan oikeista kiimoista testi löysi) sekä ”specificity” (kuinka suuren osan oikeista negatiivisista päivistä testi tunnisti). Näiden arvojen perusteella askelmittari antoi vähän vääriä hälytyksiä, mutta toisaalta siltä jäi myös tunnistamatta useita oikeita kiimoja. Kiihtyvyysanturipanta antoi paljon vääriä hälytyksiä, mutta myös löysi oikeita kiimoja enemmän kuin askelmittari. Kiimatarrojen suhteen tulosten tarkastelussa täytyi olla kriittinen, koska monet ulkoiset tekijät aiheuttivat paljon häiriötä niiden aktivoitumisen suhteen. Tämän tutkimuksen perusteella paras vaihtoehto olisi jonkun edellä mainitun menetelmän lisäksi varmistaa kiima ennen siemennyspäättöstä myös silmämääräisen seurannan havaintojen perusteella.

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Department of Biology

VÄÄRÄLÄ, MARTTA: Comparison of methods based on behaviour measuring in oestrus detection in dairy cows

MSc. Thesis, 39 pp., Appendices 8

April 2015

Oestrus detection is essential to maintain good dairy production. As herd sizes are getting bigger, it is harder for the farmer to detect the signs of oestrus. Undetected oestruses and lost opportunities for artificial insemination are causing prolonged calving intervals and thereby financial losses for the farmer. The aim of this study is to compare different oestrus detection methods, which are based on changes in cow behaviour, and to test their reliability and applicability in dairy farms.

This study was conducted in Maaninka, on the Halola research barn of MTT Agrifood Research Finland during spring and summer 2012. The first of tested methods was Nedap Lactivator – pedometer, which is based on detecting increase in number of steps in the beginning of oestrus. The sensor was attached to the front leg of a cow and its measurements were saved twice daily to the system during milking periods. The second tested method was Heatime-RuminAct –collar, which was detecting oestrus behaviour based on changes in cow activity during oestrus with accelerometer. The third, simpler method was Estrus Alert –oestruspatches, which were glued at sacral area of the cow to measure standing heat and “standing when mounted” –behaviour.

The pedometer and the accelerometer were tested throughout the spring and summer. The research included all cows, which had a possibility to come into heat (n=101). The oestruspatches were tested during 29 days with 41 cows, which all had a possibility to come into heat during those days. As a gold standard in this research we used findings of visual observation, which was carried out four times in a day. The aim of the visual observation was to detect signs of “standing when mounted” –behaviour. As the study progressed, we decided to add the dates of successful inseminations to gold standard. This was because we wanted the gold standard to be similar to the real situation in farms.

The measurements of different methods were compared to gold standard with confusion matrix. With those comparisons we were able to calculate “accuracy” (the percentage of test results correctly identified by the test), “precision” (the percentage of the positives that were identified by the test that were true positives), “sensitivity” (the percentage of the true positives that test managed to identify) and “specificity” (the percentage of true negatives that test managed to identify) for each method.

According to these results, the pedometer did not identify many false positives, but on the other hand it left a number of oestruses undetected. The accelerometer identified several false positives, but it also found more true positives than the pedometer. With the patches we had to be very critical to the results, because there were several external factors affecting to the activation of patches. Based on this study, if using one of the methods above, we recommend to confirm the oestrus with the findings of visual observation before making the decision about insemination.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	2
2 KIIMAKIERTO JA KIIMANSEURANTA	3
2.1 Kiimakierto ja sen vaiheet.....	3
2.1.1 Kierto ja hormonit.....	3
2.1.2 Siemennyksen ajoitus.....	4
2.2 Ulkoiset kiiman merkit.....	4
2.2.1 Näkyvät limat.....	4
2.2.2 Käyttäytyminen	5
2.3 Kiimanseurantamenetelmät.....	6
2.3.1 Silmämääräinen seuranta	6
2.3.2 Progesteronitestit.....	7
2.3.3 Aktiivisuusmittarit	7
2.3.4 Askelmittarit.....	7
2.3.5 Seisovan kiiman mittarit	8
3 TUTKIMUSKYSYMYKSET.....	9
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	9
4.1 Koeasetelma	9
4.2 Menetelmät ja laitteet.....	10
4.2.1 Kultainen standardi	10
4.2.2 Heatime-RuminAct	10
4.2.3 Nedap Lactivator.....	11
4.2.4 Estrus Alert	11
4.3 Eläimet	12
4.4 Aineiston käsittely.....	12
4.5. Tulosten laskeminen: Heatime RumiAct ja Nedap Lactivator	13

4.6. Tulosten laskeminen: Estrus Alert	15
5 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	16
5.1 Tulosten yhteenveto: Heatime RumiAct ja Nedap Lactivator	16
5.2 Tulosten yhteenveto: Estrus Alert.....	18
5.3 Kultainen standardi	19
5.4 Täsmäpäivä ja ± 1 päivää.....	20
5.5 Heatime-RuminAct ja järjestelmän algoritmin muutos	20
5.6 Nedap Lactivator.....	21
5.7 Estrus Alert –testaus.....	22
5.8 Mahdolliset ongelmat testauksessa	22
5.9 Menetelmien käyttö tiloilla	24
6. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	25
KIITOKSET	26
LÄHDELUETTELO.....	27
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Kiiman seuranta ja tunnistaminen ovat tärkeitä tekijöitä lypsykarjatuotannossa (Firk et al. 2002, Roelofs et al. 2010, Saint-Dizier & Chastant-Maillard 2012). Kiimaan liittyy yleensä erityistä käyttäytymistä, jonka tarkoituksena on arveltu olevan sonnin viehättäminen. Kuitenkaan useimmilla maitotiloilla ei nykyisin tarvitse olla härkää keinosiemennyksen ansiosta. Sen myötä kasvattajan tehtäväksi jää kiimojen tunnistaminen, jotta siemennys ajoittuisi oikein lehmien yksilöllisten kiimakiertojen mukaan (Dijkhuizen & van Eerdenburg 1997). Maidontuotanto edellyttää karjan jatkuvaa ja kontrolloitua lisääntymistä ja tämän takia kiima on havainnoitava ja siemennys ajoitettava oikein (Roelofs et al. 2010). Karjakokojen kasvaessa kuitenkin kiiman havainnointi vaikeutuu, koska kasvattajan aika ei riitä koko lauman kiimakäyttäytymisten havainnointiin (Saint-Dizier & Chastant-Maillard 2012) eikä lehmien hyvinvoinnin tarkkailuun (Mottram 1997). Virheellinen toiminta ja ajoitus kiiman ja ovulaation suhteen voivat aiheuttaa taloudellisia tappioita (Roelofs et al. 2010, Sturman et al. 2000, Nebel et al. 2000), kuten maidontuotannon laskua, eläinlääkärinkuluja sekä poikimissuunnitelman epäonnistumisen (Roelofs et al. 2010). Suurimmaksi ongelmaksi kiimantunnistuksessa muodostuu yleensä väärän positiivisen kiimatunnistuksen seurauksena väärin ajoitettu siemennys (Firk et al. 2002, Roelofs et al. 2005a). Automaattisen kiimantunnistuksen tulisikin kehittyä vähentämään väärin positiivisten (virheelliset kiimahälytykset) tulosten määrää (Firk et al. 2002, Nebel et al. 2000). Lisäksi siemennys tulisi pystyä ajoittamaan tarkemmin ovulaation ajankohdan mukaan pelkän kiimahälytyksen sijasta (Roelofs et al. 2005a, Nebel et al. 2000).

Lehmä voi ilmentää kiimaa monin eri tavoin, kuten kehon normaalitilan muutoksilla tai muuttuneella käyttäytymisellä (Roelofs et al. 2010). Kiiman tunnistamiseen voidaankin käyttää monia laitteistoja, kuten askelmittareita, astumismittareita, lämpömittareita sekä hormonimittauksia (Løvendahl & Chagunda 2010, Roelofs et al. 2005a, Roelofs et al. 2010). Joidenkin tutkimusten mukaan myös syömisen vähentyminen sekä tuotetun maidon määrä voisivat toimia kiiman mittareina, mutta niitä ei pidetä yhtä varmoina menetelminä (Blanchard et al. 1986). Lehmän kiimatarkkailu on kehittynyt automaattiseksi, jolloin eläintä voidaan seurata elektroniikan, biosensoreiden ja tietokoneiden avulla (Saint-Dizier & Chastant-Maillard 2012). Käyttäytymiseen perustuvat mittarit ja merkit, kuten askelmittarit, astumismittarit ja märehtimispannat, ilmaisevat lehmän kiiman myötä muuttunutta käyttäytymistä. Kiiman alkaessa myös lehmän aktiivisuus kasvaa, askelmäärä lisääntyy levottomuuden kasvaessa, märehtiminen vähenee ja lehmä alkaa ilmaista kiiman merkkejä (esim. astuminen ja seisova kiima). Laitteistojen tarkoituksena on mitata näiden tekijöiden muutoksia, joiden

avulla ne voivat antaa hälytyksen kiimasta. Myös kiiman voimakkuus ja kesto on mahdollista mitata joillakin laitteistoilla (Løvendahl & Chagunda 2010). Laitteistojen tarkkuus ja luotettavuus kuitenkin voi vaihdella (Saint-Dizier & Chastant-Maillard 2012), joten lisätutkimus niiden toiminnasta ennen suuria investointeja on yleensä tarpeen.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää uusien pihattonavettaan suunniteltujen kiimanseurantamenetelmien käyttökelpoisuutta ja luotettavuutta kiimojen tunnistamisen suhteen. Tarkasteltavia menetelmiä ja laitteistoja tässä tapauksessa ovat askelmittari (Nedap Lactivator), kiihtyvyysanturilla varustettu märehtimispanta (Heatime-RuminAct) sekä erillisenä osuutenaan seisovaa kiimaa ilmentävät tarrat (Estrus Alert). Uusien järjestelmien ja laitteistojen hankinta on yleensä hyvin kallista, joten virheinvestointeihin tilanomistajilla ei usein ole varaa. Tässä tutkimuksessa pyritäänkin raportoimaan kyseisten menetelmien ominaisuuksista ja luotettavuudesta tilanomistajille virheinvestointien välttämiseksi.

2 KIIMAKIERTO JA KIIMANSEURANTA

2.1 Kiimakierto ja sen vaiheet

2.1.1 Kierto ja hormonit

Lehmän kiimalla tarkoitetaan ajanjaksoa, jolloin lehmän on mahdollista lisääntyä onnistuneesti (Dijkhuizen & van Eerdenburg 1997). Hiehoilla kiimakierto käynnistyy yleensä 6 - 12 kuukauden ikäisenä ja 200 - 250 kg painoisena (Forde et al. 2011). Kiima on kiimakierrossa ovulaation mukaan ajoittuva ajanjakso, jonka ensimmäiset merkit alkavat jo ennen ovulaation tapahtumista (Dijkhuizen & van Eerdenburg 1997).

Lehmän kiimakierto eli aika ovulaatiosta ovulaatioon vaihtelee yksilöstä riippuen 18 - 24 päivän välillä. Yleisimmin ovulaation kuitenkin lasketaan tapahtuvan 21 vuorokauden välein (Forde et al. 2011, Agarwal et al. 2008). Kiiman on arvioitu kestävän keskimäärin 24 tuntia ja ovulaation on tutkittu tapahtuvan keskimäärin 12 tuntia kiiman loppumisesta (Pandey et al. 2011). Kiimakierron vaihteita ovat luteaalinen faasi (14 - 18 päivää) ja follikulaarinen faasi (4 - 6 päivää). Luteaalisella faasilla tarkoitetaan ovulaation jälkeistä aikaa, jolloin keltarauhanen muodostuu. Follikulaarinen faasi taas ajoittuu keltarauhasen surkastumisesta seuraavaan ovulaatioon (Forde et al. 2011). Kiimakierron eri vaiheiden kestolla on huomattu olevan yksilöllisiä eroja esimerkiksi lehmän maidon-

tuotantoon liittyen. Suurempituottoisten lehmien kiimojen on huomattu olevan lyhyempiä ja vähemmän intensiivisiä kuin vähätuottoisten lehmien (Lopez et al. 2004).

Munasarjoihin liittyviä toimintoja säätelevät hypotalamuksen tuottama GnRH (gonadotrofin-releasing hormone), aivolisäkkeen hormonit FSH ja LH, munasarjoista erittyvät progesteroni, estrogeeni ja inhibiini sekä kohdusta erittyvä prostaglandiini F2 α . Näiden hormonien vapautumista säädelään positiivisten ja negatiivisten takaisinkytkentöjen avulla (Forde et al. 2011). Lehmän munasarjoissa useampien follikkelien on huomattu kypsyvän kierron aikana ns. follikkeliaalloissa (Mapletoft et al. 2009, Moore & Thatcher 2006), joiden myötä yksi follikkeli valikoituu dominoivaksi ja ovuloiuu kypsyttyään jälkikiiman aikana (Forde et al. 2011).

2.1.2 Siemennyksen ajoitus

Tilanomistajien kannalta tärkeä tekijä taloudellisesti on lehmien poikimisväli, eli aika poikimisesta seuraavaan tiineyteen (Roelofs et al. 2010, Sturman et al. 2000). Virheelliset kiimantunnistukset ja epäonnistuneet siemennykset pidentävät poikimisväliä ja ilmenevät taloudellisina tappioina tilalliselle (Roelofs et al. 2010, Nebel et al. 2000, Sturman et al. 2000).

Perinteisesti siemennyksen ajoitukseen on käytetty ohjenuoraa, jonka mukaan aamulla kiimaa ilmentävä lehmä siemennettäisiin saman päivän iltapäivällä ja iltapäivällä kiimaa ilmentävä seuraavana aamuna (Trimberger 1948 Nebel et al. 2000 mukaan). Hedelmöittymisen onnistumisen kannalta tärkeitä seikkoja ovat siittiöiden ja munasolun lisääntymiskyvyn kesto tunteina. Siittiöt selviävät hedelmöittämiskelpoisina 24 - 30 tuntia, kun taas munasolun hedelmöittymiskelpoisuus rajoittuu vain kymmeneen ovulaationjälkeiseen tuntiin. Hedelmöittymisen onnistumisen kannalta paras siemennyksen ajoitus olisikin 5 - 16 tuntia ensimmäisen seisovan kiiman havainnon jälkeen (Nebel et al. 2000).

2.2 Ulkoiset kiiman merkit

2.2.1 Näkyvät limat

Lehmän lähestyvää kiimaa ja ovulaation ajankohtaa on mahdollista arvioida lehmän sukuelimistä erittyvän liman avulla. Kiiman aikana lehmän ulkosynnyttimet ovat väriltään kirkkaan punaiset ja ulos saattaa valua kirkasta limaa (Pandey et al. 2011, Foote 1974). Limaa voi valua maahan asti ja

usein sitä on sotkeentunut lehmän häntään ja takapäähän (Pandey et al. 2011). Kiimanseurantamenetelmänä on käytetty myös sukuelimien liman elektronisen vastuksen mittaamista, mutta se on todettu haastavaksi menetelmäksi lehmien suurten yksilöllisten erojen takia (Gartland et al. 1976).

2.2.2 Käyttäytyminen

Lehmän käyttäytymiseen liittyvät muutokset kiiman aikana ajoittuvat yleensä follikulaarisen faasin loppuun 2 - 24 tunnin aikavälille (Forde et al. 2011). Muutoksen käyttäytymisessä saavat aikaan hormonipitoisuuksien muutokset veressä ja niiden vaikutukset nisäkkäiden aivojen käyttäytymiskeskukseen (Roelofs et al. 2010). Useimmiten varmimpana kiiman merkinä pidetään ns. seisovaa kiimaa, jossa kiimassa oleva lehmä seisoo paikoillaan toisen lehmän hypätessä sen takaosan päälle (Roelofs et al. 2010, Maatje et al. 1997a, Maatje et al. 1997b). Ensimmäisten seisovan kiiman merkkien on arvioitu alkavan n. 12 tuntia ennen ovulaatiota (Maatje et al. 1997a, Maatje et al. 1997b). Seisovaa kiimaa käytetäänkin kaikkein useimmin ovulaation indikaattorina silmämääräisessä kiimantarkkailussa (Gilmore et al. 2011, Sturman et al. 2000, Nebel et al. 2000, Cutullic et al. 2009). Seisovaan kiimaan liittyvän käyttäytymisen on huomattu olevan yleisempää laidunolosuhteissa kuin navettaolosuhteissa (Palmer et al. 2012). Lehmien välillä on usein yksilökohtaisia eroja kiiman ilmentämisessä ja käyttäytymisen muutosten voimakkuudessa (Løvendahl & Chagunda 2010, Roelofs et al. 2005b, Van Vliet & Eerdenburg 1996). Seisovan kiiman arviointiin ja mittamiseen voivat vaikuttaa lauman sisäiset hierarkiasuhteet. Niiden vaikutuksesta voi määräytyä lehmäyksilöiden toisen selkään hyppääminen tai hyppäämättä jättäminen (Nebel et al. 2000). Myös elinolosuhteet, navetan suunnittelu ja karjan muiden yksilöiden kiimakierto saattavat vaikuttaa yksilön seisovan kiiman ilmentämiseen (Roelofs et al. 2005b, Cutullic et al. 2009, Kerbrat & Disenhaus 2004, Agarwal et al. 2008). Jos lehmän kiima sattuu sellaiselle ajanjaksolle, että navetan muut lehmät eivät ole kiimassa, sen käyttäytymisen muutokset kiiman aikana jäävät paljon vähäisemmiksi. Jos taas useampi lehmä on samaan aikaan kiimassa, kiimakäyttäytymisen ilmentäminen voi olla hyvinkin voimakasta (Roelofs et al. 2005b, Norfeus et al. 2012). Navetan lattian ollessa liukas lehmien hyppääminen toistensa selkään on vähäisempää ja lehmät saattavat sitä yrittäessään liukastua (Palmer et al. 2012, Agarwal et al. 2008). Raajarikkoisuus ja ontuminen voivat myös aiheuttaa lehmällä vähentynyttä kiimakäyttäytymistä (Olechnowicz & Jaskowski 2011, Agarwal et al. 2008).

Jos jostain edellä mainituista syistä johtuen lehmien keskuudessa seisovan kiiman tunnusten ilmentäminen on vähäistä, voidaan kiimantarkkailussa käyttää kriteereinä myös ns. sekundaarisen kiimakäyttäytymisen tunnuksia (Palmer et al. 2012, Kerbrat & Disenhaus 2004). Sekundaarisella

kiimakäyttäytymisellä tarkoitetaan lehmän käyttäytymisen muutoksia kiiman aikana, joihin ei liity toisen lehmän selkään hyppäämistä tai toisen alla seisomista. Tällaisia ovat mm. toisten lehmien ulkosynnyttimien haistelu, pään painaminen toisen lehmän selän päälle (Gilmore et al. 2011, Roelofs et al. 2010, Pandey et al. 2011) ja yleinen rauhattomuus (Roelofs et al. 2010, Sturman et al. 2000, Blanchard et al. 1987, Pandey et al. 2011). Myös lehmän vuorokautinen märehetymisaika vähenee kiiman aikana (Reith & Hoy 2012). Kuitenkin pelkän sekundaarisen käyttäytymisen perusteella lehmän toiminta kuitenkin voidaan tulkita usein virheellisesti kiimakäyttäytymiseksi, koska lehmä saattaa toteuttaa sekundaarista käyttäytymistä myös kiimakierron muina aikoina (Roelofs et al. 2005b, Sturman et al. 2000).

Tutkimuksissa on huomattu, että lehmän kiimakäyttäytyminen vähenee liian lämpimissä olosuhteissa lämpöstressin takia (Collier et al. 2006, Bolocan 2009). Lämpimissä olosuhteissa selkään hyppäämisen ajanjakso on lyhyempi kuin viileämissä olosuhteissa (López-Gatius et al. 2005, Attaras & Spahr 2001). Tämän takia joissakin lämpimän ilmaston alueilla joudutaan kesäaikaan turvautumaan alkionsiirtoon tai aikataulutettuun siemennykseen, jonka perusteeksi ei käytetä kiimakäyttäytymisen tunnistamista (Collier et al. 2006). Käyttäytymisen mittaamisessa voi ongelmaksi muodostua myös se, että jotkut lehmät seisovat paikoillaan toisen hypätessä niiden selkään myös tiineinä. Tämä saattaa johtaa virheelliseen kiiman tunnistukseen ja turhaan siemennykseen, joka voi aiheuttaa tiineelle lehmälle sikiön abortoitumisen (Roelofs et al. 2010, Sturman et al. 2000, Dijkhuizen & Eerdenburg 1997).

2.3 Kiimanseurantamenetelmät

2.3.1 Silmämääräinen seuranta

Lehmien säännöllinen silmämääräinen tarkkailu ja kiiman tunnusmerkkien havainnointi on ollut yleisimmin käytetty kiimanseurantamenetelmä (Roelofs et al. 2010, Nebel et al. 2000, Van Vliet & Eerdenburg 1996). Tutkimuksissa on yleisimmin käytetty kiiman varmistamiseksi silmämääräisen kiimanseurannan havaintoa seisovasta kiimasta (Roelofs et al. 2010, López-Gatius et al. 2005). Silmämääräinen tarkkailu vaatii onnistuakseen karjanhoitajilta taitoja kiiman merkkien havaitsemiseksi sekä aikaa suorittaa tarkkailu tunnollisesti (Van Vliet & Eerdenburg 1996). Jos visuaalinen karjantarkkailu on toteutettu jaksoittaisesti tiettyinä kellonaikoina, olisi tarkkailujaksojen suunnittelu-

sa otettava huomioon käyttäytymiseen häiritsevästi vaikuttavat tekijät, kuten ruokinta- ja lypsyajat (Pennington et al. 1986).

2.3.2 Progesteronitestit

Lehmän kiimaa on mahdollista seurata maidosta mitattavan progesteronipitoisuuden avulla. Kiiman lähestyessä progesteronin pitoisuus lähtee laskuun ja on yleensä matalimmillaan ovulaation aikoihin. Tutkimusten mukaan hedelmöittyminen on todennäköisempää lehmillä, joiden progesteronipitoisuus on siemennettäessä <10 ng/ml. Lisäksi huomattiin, että mitä pienempi progesteronipitoisuus oli, sitä todennäköisemmäksi hedelmöittyminen muuttui. Progesteronitestien avulla on myös mahdollista testata tiineet lehmät, jotka tiineydestään huolimatta ilmentävät seisovan kiiman merkkejä. Tiineellä lehmällä progesteroni pysyy korkealla tiineyden ajan ja sen avulla kiima voidaan sulkea pois (Sturman et al 2000).

2.3.3 Aktiivisuusmittarit

Lehmien on huomattu olevan varsinaisen kiiman aikana 218 % (Farris 1954 Nebel et al. 2000 mukaan) tai jopa 500 % aktiivisempia liikkeissään kuin muina kiimakierron aikoina (López-Gatius et al. 2005). Aktiivisuuden muutoksiin perustuvien mittareiden käyttämisessä etuna onkin se, että kiiman alku ja ensimmäiset muutokset huomataan tarkasti, kun taas toisilla menetelmillä alkamisen ajankohta saattaa jäädä huomaamatta ja kiima huomataan vasta sen myöhäisessä vaiheessa (Maatje et al. 1997a).

2.3.4 Askelmittarit

Askelmittarien toiminta perustuu lehmän muuttuneen aktiivisuuden mittaamiseen askelmäärän avulla. Kohonneen askelmäärän avulla on mahdollista havaita kiiman alku ja arvioida paras siemennysajankohta. Kiiman alkamisen ajankohdan tunnistamisen avulla askelmittari voi olla potentiaalinen vaihtoehto parantamaan kiiman tunnistusta ja hedelmöittymisen todennäköisyyttä (López-Gatius et al. 2005, Maatje et al. 1997b). Hedelmöittymisen todennäköisyys on suurimmillaan, kun siemennys toteutetaan 6 - 17 tuntia kohonneen askelista mitatun aktiivisuuden alkamisen jälkeen (Maatje et al. 1997a, Maatje et al. 1997b). Kaikkein parhaana ajankohtana on pidetty 12 tuntia kii-

man mitatusta alkamisajankohdasta (Maatje et al. 1997). Ovulaation on arvioitu tapahtuvan noin 29 tuntia eteenpäin siitä, kun lehmän askelmäärä lisääntyy ((Roelofs et al. 2005a). Askelmittareita pidetään hyvin käyttökelpoisina ja tarkkoina kiimanseurantamenetelminä aikaisempien tutkimusten perusteella. Niiden kehityksessä on huomioitu suuri väärin positiivisten hälytysten riski yllättävien jaksottaisten askelmäärien nousun takia siten, että laite saattaa vaatia kiimahälytyksen edellytykseksi useamman peräkkäisen tunnin mittaisen kohonneen askelmäärän jakson (Rorie et al. 2002).

Jos laite ei siirrä reaaliajassa tietoa lehmän liikkeistä ihmisten nähtäville, voi ongelmaksi muodostua kiiman alkamisen epäselvyys ja siemennyksen huono ajoitus. Jos laite siirtää koko ajan tietoa, karjanhoitajien on mahdollista huomata kiiman alku ja suunnitella siemennykselle optimaalisin aika (Nebel et al. 2000, Maatje et al. 1997a).

Jatkuvan visuaalisen karjantarkkailun on tutkittu olevan luotettavampi kiimanseurantamenetelmä kuin askelmittari (Pennington et al. 1986, Lehrer et al. 1992). Askelmittarin järjestelmä saattaa antaa vääriä positiivisia tuloksia, joiden yleisyyteen voivat vaikuttaa monet tekijät kasvatusolosuhteista laitteiston algoritmiin (Maatje et al. 1997a).

2.3.5 Seisovan kiiman mittarit

Kiimanseurantaan tarkoitetuista uusista menetelmistä yksi kaikkein edullisimmista ja yksinkertaisimmista on lehmän takapäähän liimattava ”kiimatarra”. Niiden avulla kasvattaja voi löytää karjan joukosta kiimaiset yksilöt tarran värimuutoksen perusteella. Pihattonavettakäyttöön suunnitellut tarrat ilmoittavat seisovan kiiman ajankohdasta lehmän selkään hypättyjen kertojen perusteella. Lehmät häntäkyhmyn päälle liimattava harmaa lappu vaihtaa väriään kirkkaaksi, kun toinen yksilö hyppää kiimassa olevan lehmän takapäähän päälle. Osittainen värimuutos tapahtuu jo yhdestä hypystä, mutta valmistajan mukaan yli viiden hyppytilanteen jälkeen tarran pitäisi olla lähes kokonaan muuttunut kirkkaaksi. Kiimatarran lisäksi seisovan kiiman mittarina on käytetty myös maalia lehmän häntäkyhmyllä (Roelofs et al. 2010, Foote 1974) tai toisen lehmän painon tunnistavaa laitetta (Rorie et al. 2002, Saumande 2002, Nebel et al. 2000, Walker et al. 1996).

3 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää eri kiimanseurantamenetelmien luotettavuutta ja toimivuutta tilanomistajan kannalta. Testauksessa toivottiin, että laitteiden ja menetelmien mahdolliset puutteet ja epäkäytännöllisyys tulisivat testauksen aikana esille ja myös niistä voitaisiin tiedottaa tilanomistajia. Luotettavuuden kannalta pyrittiin selvittämään, pystyvätkö laitteet antamaan todenmukaisen tiedon kiiman ajankohdasta ja onko sen avulla mahdollista parantaa keinosiemennysten onnistumista ja lehmien tiinehtymistä. Toisaalta haluttiin myös selvittää väärin hälytysten mahdollisuus ja niihin johtavia mahdollisia syitä. Sitä kautta tärkeäksi muodostui myös se, kuinka hyvin laite tai menetelmä pystyi tunnistamaan lehmän, joka ei ollut kiimassa. Olennaista oli myös se, jäikö laitteelta tai menetelmältä kiimoja huomaamatta ja menetettiinkö sen takia mahdollisuus siementää kyseinen yksilö poikimissuunnitelman mukaisesti.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Koeasetelma

Tässä tutkimuksessa keskitytään yksilön käyttäytymistä mittaaviin kiimanseurantalaitteisiin, joiden tuloksia verrataan keskenään sekä muualta saataviin tuloksiin. Koe toteutetaan osana laajempaa Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamaa Nykyaikainen navettateknologia –hanketta (NYT-hanke), jonka tarkoituksena on selvittää ja testata uusien maitotilojen toimintaan ja lypsylehmien seurantaan tarkoitettujen teknologiavaihtoehtojen kustannustehokkuutta, luotettavuutta ja käyttökelpoisuutta. Hankkeen avulla voidaan tiedottaa tilanomistajia laitteiden ominaisuuksista ja siten auttaa kasvattajia välttämään virheinvestointeja.

Testauksessa keskityttiin pääosin suurempien kokonaisten kiimanseurantajärjestelmien käyttöön, jotka tässä tapauksessa tarkoittivat Nedap Lactivator –järjestelmää sekä Heatime-RuminAct –järjestelmää. Näiden lisäksi lyhyemmän koejakson aikana testattiin myös Estrus Alert – ”kiimatarroja”, jotka tässä tutkielmassa käsitellään pienempänä osiona kuin varsinaiset laitteistot. Nedap-sensorin ja Heatime-RuminAct -pannan aineisto kerättiin ajalta 3.1-18.7.2012 ja Estrus Alert –kiimatarroja testattiin 18.6.-16.7.2012 välisenä aikana. Kaikkien menetelmien tuloksia kiimoista verrattiin navetassa neljästi päivässä toteutettuun silmämääräiseen seurantaan, ns. karjasilmään.

Karjasilmää siis pidettiin kultaisena standardina kiimojen ajoittumisen suhteen, johon lisättiin tutkimuksen edetessä myös onnistuneiden siemennysten tiedot.

4.2 Menetelmät ja laitteet

4.2.1 Kultainen standardi

Kultaisena standardina käytettiin silmämääräistä seurantaa ja onnistuneiden siemennysten päivämääriä. Navetassa täytettiin koko testauksen ajan silmämääräisen kiimanseurannan listaa, johon merkattiin lehmäkohtaisesti kaikki kiiman merkit. Kierros toteutettiin neljästi päivässä ja sen tekijöinä toimivat useat eri navetan työntekijät. Tämän testauksen kultaiseksi standardiksi tästä ”karjasilmän” havainnoista hyväksyttiin vain merkintä seisovasta kiimasta (lehmä seisoo paikallaan toisen hypätessä sen selkään). Kokeen edetessä kultaista standardia haluttiin kuitenkin vielä parantaa, koska ”karjasilmän” avulla ei kuitenkaan ollut mahdollista havaita kuin arvioituna noin 80% kiimoista (suullinen tiedonanto Martti Suvilehto 20.5.2013). Tämän takia kultaiseen standardiin lisättiin onnistuneiden siemennysten päivämäärät, koska karjasilmän havainnot eivät pelkästään vastaa tarpeeksi hyvin tositilannetta tilalla. Siemennyspäätökseen vaikuttavat useat tekijät, kuten lehmän tiedossa oleva kiimakierto ja kiiman oletettu ajoittuminen kalenterin mukaan. Tästä syystä pelkkä silmämääräinen havainto seisovasta kiimasta todettiin liian suppeaksi kultaiseksi standardiksi yksinään.

4.2.2 Heatime-RuminAct

Aktiivisuutta mittaavana laitteistona käytettiin Heatime-RuminAct -pantaa, jonka mittaus tapahtuu pannan kiihtyvyysanturin avulla. Laite ilmoittaa kiiman alun, aktiivisuuden huippuperiodin, kiiman loppumisen sekä aktiivisuuden maksimiaron. Pannan keräämä aineisto tallentuu kahden tunnin jaksoissa kahdesti päivässä lehmän lypsyn yhteydessä lypsymontun sensorien avulla. Laite mittaa jokaiselle lehmälle sen yksilöllisen aktiivisuuden normaalitilan. Yksilöllisen normaalitilan muodostamista varten pannat keräävät tietoa yksilön tavallisesta käyttäytymisestä asennuksensa jälkeen seitsemästä kymmeneen päivää. Kun lehmän aktiivisuus nousee korkeammaksi kuin sen yksilölli-

sen normaalitilan raja-arvot, laite antaa kiimahälytyksen. Jos taas aktiivisuus laskee normaalia matalammalle, laite antaa kehotuksen tarkastaa kyseisen lehmän terveys.

4.2.3 Nedap Lactivator

Nedap Lactivator –järjestelmän toiminta perustuu lehmän askelmäärän mittaamiseen. Nedap-askelmittarin lehmäkohtaiseen askelten määrän äkilliseen muutokseen perustuvat kiimahälytykset tallentuivat järjestelmään G-sensorin mittaaman arvioidun askelmäärän perusteella. Valmistajan mukaan optimaalisin siemennysajankohta on heti laitteen hälytyksen jälkeen. Aineistossa laitteisto antoi vain kiimahälytyksen päivämäärän, mutta suoraan järjestelmästä on mahdollista tarkistaa lehmän arvioitu askelmäärä palkkikuvaajan avulla. Nedap-sensorit oli kiinnitetty lehmien jompaan-kumpaan etujalkaan remmillä ja ne toimivat samalla lehmien tunnistimena lypsyssä sekä ruokinta-automaateilla. Laitteen mittaama aineisto siis tallentui järjestelmän kahdesti päivässä lypsyn yhteydessä.

4.2.4 Estrus Alert

Estrus Alert -kiimatarroja testattiin Maaningan tutkimusnavetalla 18.6. - 16.7.2012 välisenä aikana. Mukaan testaukseen valittiin karjasta 45 lehmää, joilla oli mahdollisuus tulla kiimaan kyseisen ajanjakson aikana. Testauksen edetessä aineistosta jouduttiin jättämään pois neljän lehmän tiedot, koska kyseiset yksilöt jouduttiin eristämään sairasparteen kesken testausjakson. Tarrojen toimintaperiaatteen mukaisesti tuote ei voi toimia oikein parsilehmällä, joten näiden lehmien tietoja ei enää voitu käyttää aineistossa. Lisäksi mahdollisella sairaudella voi olla vaikutusta lehmän kiimakäyttäytymiseen, joten parteen eristämistä edeltäviä tietojakaan ei voida pitää luotettavina. Lopulliseen aineistoon laskettiin siis mukaan 41 lehmän tiedot 29 päivän ajalta eli yhteensä 1189 tutkimuspäivää.

Seurantalaput liimattiin lehmän häntäkyhmyn päälle 3M Super 77 –liimasuihkeen avulla. Lappujen paikka valittiin valmistajan ohjeiden mukaan häntäkyhmyn päältä, sillä pidemmällä selässä hänen heiluttelu voisi valmistajan mukaan vaikuttaa lapun aktivoitumiseen. Testauksessa käytettiin punaiseksi vaihtuvia tarroja, joiden lisäksi valmistajalla on tarjolla myös muita värejä. Kaikilla lehmillä pyrittiin pitämään koko ajan mahdollisimman aktivoitumaton seurantalappu siten, että aktivoituneiden ja pudonneiden tilalle laitettiin uusi aina tarvittaessa. Aktivoituneet laput poistettiin ensimmäistä aktivoitumista (yli 20% punaista) seuraavana päivänä vetämällä lappu irti. Jos lapun pai-

kalta lähti karva pahasti tai iho oli rikki, uusi seurantalappu liimattiin tässä tapauksessa hieman eri paikkaan. Testattavien lehmien osastolta otettiin pois kaikki irrotettavat karjaharjat. Pyörivät karjaharjat sammutettiin testauksen ajaksi, mutta ne jäivät paikoilleen.

Tarrojen havainnointi tapahtui samaan aikaan silmämääräisen seurantakierroksen kanssa siten, että kierrosvuorossa oleva navetan työntekijä kirjasi erilliseen listaan ylös myös kaikki havaitsemansa lehmäkohtaiset muutokset tarrojen värissä. Listoihin kirjattiin ylös lehmän kohdalle muuttuneen värin arvioitu prosentuaalinen osuus koko tarran pinta-alasta. Havaintojen kirjaamisen alarajaksi päätettiin 20% muutos värissä, joten pieniä raitoja ja naarmuja ei kirjattu aineistoon. Valmistajan mukaan yksikin hyppy selkään aiheuttaa pienen värimuutoksen, vaikka hypyn kohteeksi joutunut lehmä pakenisi paikalta. Tämän arvioitiin olevan myös alle 20% muutos tarran värissä.

4.3 Eläimet

Askelmittarin ja kiihtyvyyssanturipannan testaukseen käytettiin tutkimusnavetan holstein- ja ayrshire-rotuisia lehmiä (n=101). Tutkimuksessa olivat mukana kaikki lehmät, joilla oli mahdollisuus tulla kiimaan kevään tai kesän aikana. Osa kokeen lehmistä siemennettiin tutkimuksen aikana ja niiden tiinehtymistä käytettiin myös yhtenä kiiman oikean tunnistamisen merkinä. Ns. kiimatarrojen testaus toteutettiin lyhyempänä 29 päivän ajanjaksona ja siihen otettiin mukaan kaikki sen aikana mahdollisesti kiimaan tulevat yksilöt (n=41).

4.4 Aineiston käsittely

Koska tutkimuksen aineiston haluttiin vastaavan tositilannetta kaikkien laitteiden ja kultaisen standardin mukaisesti mahdollisimman hyvin, piti aineistoa käsitellä hieman ennen testauksia. Koska osa alkuperäisistä tutkimuslehmistä jouduttiin lopettamaan tutkimuksen aikana, päätettiin kyseisten lehmien tiedot poistaa kokonaan aineistosta sen takia, että niiden mahdolliset lopettamispäätökseen johtaneet sairaudet ovat mahdollisesti voineet vaikuttaa myös niiden kiiman ilmentämiseen.

Heatime-RuminAct –järjestelmän kohdalla aineistosta piti poistaa kevään aikana toteutetun ”pantatestin” pannat. Testauksissa kokeiltiin eri häiriötekijöiden vaikutusta pelkkiin pantoihin, jotka sijaitsivat navetassa. Kyseisten pantojen aineisto oli siis mukana laitteen antamassa aineistossa, josta se piti erotella pois. Heatime-RuminAct –järjestelmän testauksessa myös laitteen ohjelmaa ja

algoritmia parannettiin testausten edetessä sekä poistettiin laitteen lehmäkohtaiset katkokset tutkimusjakson ajalta (kts. Tulokset ja niiden tarkastelu).

Osa tutkimuslehmistä joutui tutkimusjakson aikana sairasparrteen kiinni. Koska laitteiden toimintaperiaatteet vaativat sen, että lehmä pääsee liikkumaan ja toimimaan vapaasti, ei siksi sairasparrsijaksojen aineistoa voitu luotettavasti käyttää testauksissa. Siksi jokaisen sairasparrissa käyneen lehmän parressa kiinni vietetty ajanjakso poistettiin aineistosta kokonaisuudessaan.

4.5. Tulosten laskeminen: Heatime RumiAct ja Nedap Lactivator

Kiimapäivien vertaaminen järjestelmien antamiin tietoihin tapahtui ns. sekaannusmatriisien (confusion matrix) avulla. Sekaannusmatriisin avulla saadaan arvot sille, kuinka hyvin laite tunnistaa kiiman (true positive) sekä normaalin tilanteen ilman kiimaa (true negative). Lisäksi sillä saadaan arvot väärille hälytyksille (false positive) sekä kiimoille, joita laite ei ole tunnistanut (false negative).

Edellä mainittujen lukujen perusteella laskettiin eri prosenttiarvoja laitteiden vertailun mahdollistamiseksi. Ensimmäinen näistä on ”accuracy”, eli oikein tunnistettujen tapausten osuus kaikista tapauksista. Toinen arvo ”precision” tarkoittaa sitä, kuinka suuri osa testin tunnistamista kiimoista on oikeasti ollut kiima. Kolmas arvo on ”sensitivity” eli kuinka suuren osa oikeista kiimatapauksista laite tunnisti ja neljäs ”specificity” tarkoittaa sitä, kuinka suuren osan oikeista negatiivisista päivistä laite tunnisti.

1. testaus

Laskettiin Nedap Lactivator- ja Heatime-RuminAct –järjestelmien tulokset, kun on otettu huomioon kaikki päivät 3.1.2012-18.7.2012 väliseltä ajalta jokaisen lehmän kohdalla (101 lehmää). Yhteensä lehmien havaintopäiviä kertyi siis 19998 päivää. Kulmaisena standardina käytettiin silmämääräisen karjanseurannan ts. ”karjasilmän” havaintoja seisovasta kiimasta. Periaatteena oli, että laitteen hälytys osuu tai ei osu karjasilmän havainnon kanssa samalle päivälle. Heatime-RuminAct-järjestelmän kohdalla on näissä laskuissa käytetty laitteen vanhaa algoritmia (aktiivisuuden raja-arvo ≥ 25).

2. testaus

Laskettiin Nedap Lactivator- ja Heatime-RuminAct –järjestelmien tulokset, kun edellisen testauksen (1. testaus) osumien lisäksi lasketaan oikeiksi positiivisiksi tuloksiksi myös viereiset päivät

(edeltävä ja seuraava) karjasilmän havaintopäivästä. Toisin sanoen muutettiin kultaisen standardin mukaisen kiiman määritelmää siten, että kiima jatkuisi havaintopäivästä vielä ± 1 päivää. Laitteiden toimintaperiaatteet ovat erilaisia, mutta ne molemmat perustuvat aktiivisuuden muutoksiin. Lehmän aktiivisuus kuitenkin lisääntyy jo esikiiman aikana (Maatje et al. 1997a). Näin voisi olettaa, että laitteet mahdollisesti hälyttäisivät kiimasta jo ennen varsinaista seisovaa kiimaa. Heatime-RuminAct-järjestelmän kohdalla on näissä laskuissa käytetty laitteen vanhaa algoritmia (aktiivisuuden raja-arvo ≥ 25).

3. testaus

Laskettiin Nedap Lactivator- ja Heatime-RuminAct –järjestelmien tulokset, kun käytetään samaa aineistoa kuin 1. ja 2. testauksen kohdalla, mutta koitetaan muuttaa kultaista standardia vastaamaan paremmin tositilannetta karjanhoidossa. Kultaisena standardina käytetään silmämääräisen karjanseurannan ts. ”karjasilmän” havaintojen lisäksi onnistuneen siemennyksen päivämäärää, josta lehmä on tiinehtynyt. Periaatteena on, että laitteen hälytys osuu tai ei osu karjasilmän havainnon tai onnistuneen siemennyspäivän kanssa samalle päivälle. Heatime-RuminAct-järjestelmän kohdalla on näissä laskuissa käytetty laitteen vanhaa algoritmia (aktiivisuuden raja-arvo ≥ 25).

4. testaus

Laskettiin Nedap Lactivator- ja Heatime-RuminAct –järjestelmien tulokset, kun edellisen testauksen (3. testaus) osumien lisäksi lasketaan oikeiksi positiivisiksi tuloksiksi myös viereiset päivät (edellinen ja seuraava) karjasilmän havaintopäivästä sekä onnistuneen siemennyksen päivämäärästä. Eli muutetaan kultaisen standardin mukaisen kiiman määritelmää siten, että kiima jatkuisi havaintopäivästä vielä ± 1 päivää, kuten aiemmin toisessa testauksessa. Heatime-RuminAct-järjestelmän kohdalla on näissä laskuissa käytetty laitteen vanhaa algoritmia (aktiivisuuden raja-arvo ≥ 25).

5. testaus

Laskettiin pelkästään Heatime-RuminAct –järjestelmän uuden algoritmin (aktiivisuuden raja-arvo ≥ 35) mukaiset tulokset, kun on otettu huomioon kaikki päivät 3.1.2012-18.7.2012 väliseltä ajalta jokaisen lehmän kohdalta (101 lehmää), mutta käytetty uuden algoritmin mukaisia raja-arvoja. Yhteensä lehmien havaintopäiviä oli 19998 päivää kuten aiemmissakin testauksissa. Kultaisena standardina käytettiin silmämääräisen karjanseurannan ts. ”karjasilmän” seisovan kiiman havaintojen lisäksi myös onnistuneiden siemennysten päivämääriä. Ensimmäisessä testauksen tulostuloksissa periaatteena oli, että laitteen hälytys osuu tai ei osu kultaisen standardin havainnon kanssa samalle

päivälle. Toisessa matriisissa laskettiin oikeiksi positiivisiksi tuloksiksi myös ± 1 päivää kultaisen standardin TP-päivästä laitteen toimintaperiaatteen mukaisesti.

6. testaus

Laskettiin pelkästään Heatime-RuminAct -järjestelmän uuden algoritmin (aktiivisuuden raja-arvo ≥ 35) mukaiset tulokset, kun on otettu huomioon kaikki päivät 3.1.2012-18.7.2012 väliseltä ajalta jokaisen lehmän kohdalta (101 lehmää), mutta poistettu lehmäkohtaiset katkokset Heatime-RuminActin datassa. Katkoksia datassa on yhteensä 4791 vuorokauden verran, joista poistettuja hälytyspäiviä (sekä TP että FP) Heatime-RuminActin osalta oli 49 ja poistettuja negatiivisia (sekä TN että FN) päiviä 4742. Yhteensä lehmien havaintopäiviä kertyi siis 15207 päivää katkosten poistamisen jälkeen. Kultaisena standardina käytettiin silmämääräisen karjanseurannan ts. ”karjasilmän” seisovan kiiman havaintojen lisäksi myös onnistuneiden siemennysten päivämääriä. Ensimmäisessä testauksen tulomatriisissa periaatteena oli, että laitteen hälytys osuu tai ei osu kultaisen standardin havainnon kanssa samalle päivälle. Toisessa matriisissa laskettiin oikeiksi positiivisiksi tuloksiksi myös ± 1 päivää kultaisen standardin TP-päivästä laitteen toimintaperiaatteen mukaisesti.

4.6. Tulosten laskeminen: Estrus Alert

Tulosten laskemiseen käytettiin neljää eri versiota kiimatarrojen antamista tuloksista. Koska jo testauksen alkuvaiheessa lappujen huomattiin aktivoituvan osittain hyvin herkästi, päätettiin tulokset laskea eri aktivoituneen pinnan prosentuaalisen osuuden mukaan. Ensimmäisiin tuloksiin laskettiin kaikki vähintään 20 % aktivoituneet tarrat, toisiin vähintään 50 % aktivoituneet tarrat, kolmansiin vähintään 80% aktivoituneet tarrat ja viimeisiin vain 100% aktivoituneet tarrat.

5 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Kaikki tässä testauksessa käytetyt tekniset kiimanseurantamenetelmät toimivat, mutta niiden välillä oli eroja virheellisten kiimojen määrissä, kiiman havainnoinnin kyvyssä ja herkkyydessä sekä ei kiimassa olevien lehmien tunnistamisessa. Laitteiden tarkkuutta pyrittiin testauksen edetessä kalibroimaan kultaisen standardin muuttamisella enemmän tositilannetta vastaavaksi sekä Heatime-RuminActin uuden algoritmin avulla. Testausten tulosten perusteella askelmittarin väärin hälytysten määrä jäi vähäisemmäksi, mutta toisaalta useita kiimoja jäi myös tunnistamatta. Kiihtyvyysanturi antoi askelmittaria enemmän vääriä hälytyksiä, mutta oli myös parempi löytämään oikeita kiimoja. Tutkimuksen aikana monet ulkoiset tekijät aiheuttivat häiriöitä kiimatarrojen aktivoitumiseen ja sitä kautta myös nostivat väärin kiimahälytysten määrää.

5.1 Tulosten yhteenveto: Heatime RumiAct ja Nedap Lactivator

Sekä askelmittari että kiihtyvyysanturi osoittautuivat testauksen aikana helppokäyttöisiksi ja käytännöllisiksi navetassa, koska laitteet pysyivät hyvin paikallaan ja mitatut tiedot tallentuivat järjestelmiin automaattisesti. Niiden tuloksissa kuitenkin on paljon eroja kiimantunnistuksen ja negatiivisten päivien tunnistamisen suhteen. Nedap Lactivatorin kohdalla sensitivity-arvot (kuinka suuren osan oikeista kiimoista laite tunnisti) paranevat, kun kultaista standardia parannetaan vastaamaan paremmin tositilannetta tilalla (Taulukko 1, Liitteet 1-4). Oikeiden positiivisten lukumäärä kasvaa Nedap Lactivatorin kohdalla, kun kultainen standardi on laajennettu sekä lisätty päivämäärän oikeisiin havaintoihin myös ± 1 päivää kiimapäivästä (Taulukko 2). Specificity-arvo (kuinka suuren osan oikeista negatiivisista päivistä laite tunnisti) Nedapin kohdalla on alusta alkaen ollut hyvä, mutta sekin paranee hieman kultaisen standardin parannusten myötä. Myös Precision-arvo (kuinka moni laitteen hälytyksistä oli oikeasti kiima) paranee kultaisen standardin parannusten mukana, accuracy-arvon (oikein tunnistettujen tapausten osuus kaikista tapauksista) kohdalla muutos ei ole suuri.

Heatime-RuminActin kohdalla sensitivity-arvot muuttuvat huonommaksi uuden algoritmin ja sitä myötä korkeamman hälytyksen raja-arvon myötä, mutta katkosten poistaminen muuttaa arvoja hieman paremmiksi (Taulukko 1, Liitteet 1-6). Specificity-arvoihin uusi algoritmi ja katkosten poistaminen vaikuttavat parantamalla arvoa. Accuracy-arvoihin parannuksilla ei ole suurta vaikutusta, mutta precision-arvo paranee hieman algoritmin muutoksen ja katkosten poistamisen myötä. Oikein

löydetty kiimat vähenivät uuden algoritmin myötä täsmätestauksessa, mutta väärin positiivisten määrä väheni (Taulukko 2). Kuitenkin kultaisen standardin parantamisen ja +-1-päivien mukaan otto paransi Heatime-RuminActin oikein löydettyjen kiimojen määrää ja vähensi väärin positiivisten määrää.

Taulukko 1. Nedap Lactivator – ja Heatime-RuminAct –järjestelmien sekaannusmatriisin avulla lasketut tulokset.

Testattava laite ja aineisto	Testaustapa	Accuracy %	Precision %	Sensitivity %	Specificity %
Nedap Lactivator (NL)	NL + KS, TÄSMÄ	99,2	22,3	25,0	99,6
	NL + KS, +-1	99,3	33,9	33,6	99,6
	NL + KS&Siem, TÄSMÄ	99,3	50,9	42,2	99,7
	NL + KS&Siem, +-1	99,4	57,1	45,1	99,8
Heatime-RuminAct (HR) Vanha algoritmi	HR + KS, TÄSMÄ	96,8	11,1	77,0	96,9
	HR + KS, +-1	97,0	17,2	83,8	97,1
	HR + KS&Siem, TÄSMÄ	96,9	14,5	74,0	97,0
	HR + KS&Siem, +-1	97,1	22,0	81,3	97,3
HR, Uusi algoritmi Katkokset mukana	HR + KS&Siem, TÄSMÄ	97,9	20,1	68,9	98,1
	HR + KS&Siem, +-1	98,2	29,7	76,5	98,4
HR, Uusi algoritmi Katkokset poistettu	HR + KS&Siem, TÄSMÄ	97,6	22,0	71,1	97,9
	HR + KS&Siem, +-1	97,9	32,0	78,1	98,1

Sensitivity-arvo = kuinka suuren osan oikeista kiimoista laite tunnisti

Specificity-arvo = kuinka suuren osan oikeista negatiivisista päivistä laite tunnisti

Precision-arvo = kuinka moni laitteen hälytyksistä oli oikeasti kiima

Accuracy-arvo = oikein tunnistettujen tapausten osuus kaikista tapauksista

Taulukko 2. Nedap Lactivator – ja Heatime-RuminAct –järjestelmien antamat hälytyspäivät ja negatiiviset päivät.

Testattava laite ja aineisto	Testaustapa	TP	TN	FP	FN
Nedap Lactivator (NL)	NL + KS, TÄSMÄ	25	19811	87	75
	NL + KS, +-1	38	19811	74	75
	NL + KS&Siem, TÄSMÄ	57	19808	55	78
	NL + KS&Siem, +-1	64	19808	48	78
Heatime-RuminAct (HR) Vanha algoritmi	HR + KS, TÄSMÄ	77	19283	615	23
	HR + KS, +-1	119	19283	573	23
	HR + KS&Siem, TÄSMÄ	100	19271	592	35
	HR + KS&Siem, +-1	152	19271	540	35
Uusi algoritmi	HR + KS&Siem, TÄSMÄ	93	19494	369	42
Katkokset mukana	HR + KS&Siem, +-1	137	19494	325	42
Uusi algoritmi	HR + KS&Siem, TÄSMÄ	91	14757	322	37
Katkokset poistettu	HR + KS&Siem, +-1	132	14757	281	37

TP = laitteen oikein tunnistamien kiimojen lukumäärä eläinpäivinä

TN = oikein tunnistettujen negatiivisten päivien lukumäärä eläinpäivinä

FP = laitteen antamien väärin hälytysten lukumäärä eläinpäivinä

FN = väärin tunnistettujen negatiivisten päivien lukumäärä eläinpäivinä

5.2 Tulosten yhteenveto: Estrus Alert

Tarrojen suhteen testauksessa huomattiin jo aluksi suuri ulkoisten tekijöiden aiheuttama häiriöiden määrä tarrojen aktivoitumisessa. Tarroista kirjattiin päivittäin ylös aktivoitumisen arvioitu prosenttiosuus tarrasta ja päätettiin testauksessa laskea tulokset 20, 50, 80 ja 100 % aktivoituneille tarroille erikseen (Liite 7). Tarrojen accuracy-arvo (oikein tunnistettujen tapausten osuus kaikista tapauksista) ja specificity-arvo (kuinka suuren osan oikeista negatiivisista menetelmä tunnisti) paranivat, kun kriteereitä tarran aktivoitumisprosentista nostettiin (Taulukko 3). Precision-arvo (kuinka suuri osa testin tunnistamista kiiimoista oli oikeita kiimoja) nousi hieman parannusten myötä, mutta sensitivity-arvo (kuinka suuren osan oikeista negatiivisista testi tunnisti) huononi.

Taulukko 3. Estrus Alert –tarrojen sekaannusmatriisien avulla lasketut tulokset.

Tarran aktivoitumis- prosentti	Accuracy %	Precision %	Sensitivity %	Specificity %
20 %	71,1	5,8	80,8	70,9
50 %	86,8	10,3	65,4	87,3
80 %	94,0	20,8	61,5	94,8
100 %	95,7	25,5	5,0	96,7

Sensitivity-arvo = kuinka suuren osan oikeista kiimoista laite tunnisti

Specificity-arvo = kuinka suuren osan oikeista negatiivisista päivistä laite tunnisti

Precision-arvo = kuinka moni laitteen hälytyksistä oli oikeasti kiima

Accuracy-arvo = oikein tunnistettujen tapausten osuus kaikista tapauksista

5.3 Kultainen standardi

Aiempien tutkimusten mukaan seisovan kiiman alkaminen on kaikkein varminta todeta jatkuvalla tarkkailulla, jossa varsinaisen kiiman alkamiseksi lasketaan kiimaa ilmentävän lehmän pysyminen paikallaan toisen hypäessä sen selkään (Roelofs et al. 2010, Nebel et al. 2000). Tutkimuksen kultaista standardia päädyttiin kuitenkin muuttamaan testausten edetessä siten, että alkuperäisen pelkän karjasilmän kiimahavaintojen lisäksi kultaisen standardin oikeisiin positiivisiin päivämääriin lisättiin myös lehmäkohtaiset onnistuneiden siemennysten päivämäärät. Tämä tehtiin siksi, että kultaista standardia pyrittiin muuttamaan siihen muotoon, että se vastaisi tositilannetta karjanhoidossa mahdollisimman hyvin. Vaikka karjasilmän havaintokierros tehtiin navetassa neljästi päivässä, jäi merkinnöistä kuitenkin päivän mittaan puuttumaan useita kiimaan liittyviä tapahtumia, jotka ajoittuivat kierrosten välille. Tositilanteessa karjanhoitaja ei katso vain neljästi päivässä tehtyjä listoja siemennyspäättöksen tekemiseksi, vaan siemennyspäättökseen vaikuttavat koko päivän aikana karjasta tehtyt havainnot. Lisäksi karjanhoitaja voi odottaa tietyiltä lehmiltä kiiman merkkejä tiettyinä päivinä, jos lasketaan kalenterin perusteella kyseisen lehmän kiimakierto ja seuraavan kiiman oletettu ajan-kohta. Tämän vuoksi onnistuneiden siemennysten päivämäärät otettiin mukaan kultaiseen standardiin huolimatta siitä, millä perusteella siemennyspäättös on tehty. Onnistuneen siemennyksen päivämäärä on myös hyvä kultainen standardi siksi, että sen perusteella voidaan tietää varmasti lehmän olleen kiimassa, kun taas karjasilmän havainnoissa voi joskus esiintyä myös virheellisiä havaintoja.

Eri tutkimusten vertaileminen keskenään on vaikeaa kultaisen standardin osalta, koska usein kiiman tunnistamiseen käytettävän silmämääräisen seurannan toteutus vaihtelee tutkimuskohtaisesti

tarkkailujaksojen ajankohdan, tiheyden, keston sekä karjasta tarkkailtavien muutosten suhteen (Roelofs et al. 2010).

5.4 Täsmäpäivä ja ± 1 päivää

Kaikissa testauksissa laitteen tuloksia verrattiin aluksi kultaisen standardin tuloksiin sillä periaatteella, että laitteen havainto vastaa tai ei vastaa kultaisen standardin saman päivämäärän havaintoa. Näin saatiin selville, tunnistaako laite oikein juuri seisovan kiiman päivämäärän. Kuitenkin molempien laitteiden toimintaperiaate on se, että hälytys tapahtuu kun eläimen aktiivisuus lisääntyy. Tämän perusteella voitaisiin siis päätellä, että laite antaisi hälytyksen jo esikiimassa ja mahdollisesti jatkaisi hälytystä vielä jälkikiiman ajalle aktiivisuustason ollessa korkea. Kun kultaisen standardin kiimahavaintoon otetaan mukaan myös varsinaisen seisovan kiiman päivämäärän edeltävä ja sitä seuraava päivä, pitäisi testauksen vastata paremmin kummankin laitteen toimintaperiaatetta. Sekä Heatime-RuminActin että Nedap Lactivatorin kohdalla ”precision”- arvo (kuinka suuri osa laitteen hälytyksistä oli oikeasti kiimoja) paranee tämän muutoksen myötä, Heatime-RuminActilla 22,0 prosentista 32,0 prosenttiin ja Nedap Lactivatorilla 50,9 prosentista 57,9 prosenttiin (taulukko 1).

5.5 Heatime-RuminAct ja järjestelmän algoritmin muutos

Tutkimuksen alussa Heatime-RuminActin laitteiston aineistoa käytettiin valmistajan vanhan ohjelman ja algoritmin avulla. Kun tutkimuksen edetessä huomattiin Heatime-RuminAct –järjestelmän antavan todella paljon vääriä kiimahälytyksiä, otimme yhteyttä tuotteen valmistajaan. Valmistajalta saimme uuden ohjelman ja algoritmin, joiden pitäisi valmistajan mukaan olla parempia ja luotettavampia kuin edeltäjänsä. Testauksissa 1-4 käytettiin siis laitteen vanhaa algoritmia. Näissä testauksissa väärin hälytysten määrä oli korkea, jopa 540 väärää positiivista hälytystä testausjakson aikana karjasilmän ja kiimapäivän laajentamisesta huolimatta (taulukko 2). Kun viidenteen ja kuudenteen testaukseen saatiin mukaan uuden algoritmin mukaiset tulokset, väärin hälytysten määrä pieneni (<400). Aiemmin vanhan algoritmin kanssa huomattiin myös, etteivät järjestelmän navettanäytön ja datatulosteen arvot vastanneet täysin toisiaan, mutta uuden algoritmin kanssa ongelma hävisi. Uuden algoritmin myötä myös alun perin sairasparsijaksojen ajalta testauksesta poistettut hälytykset eivät enää olleet uudessa aineistossa. Lisäksi laidunpäivien aktiivisuuspiikit eivät enää näkyneet

niin selvästi uudessa aineistossa, kun taas vanhassa aineistossa usean lehmän kohdalla oli järjestelmällisesti vääriä hälytyksiä ulkoilupäivien kohdalla. Näiden viimeisten aineiston muokkausten, kultaisen standardin parannusten sekä kiimapäivän käsitteen laajentamisen jälkeen laitteen väärin positiivisten määräksi jäi enää 281 hälytystä tutkimusjakson aikana.

Heatime-Ruminactin kohdalla aluksi vanhan algoritmin ja muokkaamattomien kultaisen standardin ja kiimapäivän käsitteen laskelmissa erityisesti ”precision”-arvo (kuinka suuri osa laitteen hälytyksistä oli oikeasti kiimoja) oli vain 11,1 % (taulukko 1). Algoritmin muutoksen, katkosten poistamisen sekä kultaisen standardin ja kiimapäivän käsitteen muutosten myötä se saatiin nousemaan 32,0 prosenttiin. Tämä ei kuitenkaan vielä ole kovin hyvä arvo, koska vääriä hälytyksiä näyttäisi tämän perusteella ilmenevän edelleen paljon. Sen sijaan laitteen ”accuracy”-arvot (oikein tunnistettujen tapausten osuus kaikista tapauksista) sekä spesifisyys (kuinka suuren osan negatiivisista päivistä laite tunnisti) näyttävät hieman paremmilta (97,9 % ja 98,1 %). Nämä arvot eivät kuitenkaan muuttuneet paljoa testausten kehittämisen ja muutosten myötä (alussa accuracy 96,8 % ja specificity 96,9 %). Laitteen sensitiivisyys (kuinka suuren osan laite tunnisti oikeista kiimoista) jäi hieman heikommaksi (78,1 %) eikä myöskään parantunut paljoa testausten muutosten myötä (alussa 77,0 %).

5.6 Nedap Lactivator

Askelmittareiden suhteen ei tutkimuksen aikana ilmennyt suurempia käytännön ongelmia. Nedap-sensoreiden vanhemmissa malleissa on esiintynyt toimintahäiriöitä (Van Vliet & Eerdenburg 1996), mutta tässä tutkimuksessa sensoreiden uudemmat mallit olivat kaikki toimivia. Mittarit pysyivät paikoillaan, eikä katkoksia tiedoissa ilmennyt tutkimusjakson aikana. Askelmittarin käyttö kiiman-tunnistuksessa on todettu toimivaksi ja lupaavaksi apuvälineeksi onnistuneen siemennysajankohdan löytämiseksi (Roelofs et al. 2005a, Rorie et al. 2002, Maatje et al. 1997a, Maatje et al. 1997b). Aiemmin tutkimuksissa on mitattu askelmittarin sensitiivisyydeksi 86,5 % (kuinka suuren osan oikeista kiimapäivistä laite tunnisti) ja spesifisyydeksi 96,9 % (kuinka suuren osan oikeista negatiivisista päivistä laite tunnisti) (Maatje et al. 1997b). Tässä tutkimuksessa sensitiivisyys on tulokseltaan huonompi (45,1 %) mutta spesifisyys on parempi (99,8 %) (taulukko 1). Askelmittarin sensitiivisyys parani testauksissa karjasilmän ja kiimapäivän käsitteen laajentamisen myötä 25,0 prosentista 45,1 prosenttiin. Myös ”precision” –arvot (kuinka moni laitteen hälytyksistä oli oikeasti kiima) parani testauksen mukauttamisen myötä 22,3 prosentista 57,1 prosenttiin. ”Accuracy”-arvon (oi-

kein tunnistettujen tapausten osuus kaikista tapauksista) ja spesifisyyden tulokset paranivat vain hieman kultaisen standardin ja kiimapäivän parannusten avulla, ”accuracy” nousi 99,2 prosentista 99,4 prosenttiin ja spesifisyys 99,6 prosentista 99,8 prosenttiin. Laitteistot ovat kehittyneet vuosien aikana ja sitä myötä väärin positiivisten hälytysten määrä on vähentynyt, mutta tässä tapauksessa myös oikean kiiman tunnistus näyttäisi heikentyneen. Laitteen antamien oikeiden positiivisten hälytysten määrä kuitenkin nousi alun 25:stä tapauksesta kiimapäivän käsitteen ja kultaisen standardin parannusten myötä lopulta 64:än tapaukseen tutkimusjakson aikana (taulukko 2).

5.7 Estrus Alert –testaus

Tulosten ”accuracy”-arvot osoittavat, että kiimatarrat onnistuivat tunnistamaan suuren osan kaikista tapauksista oikein erityisesti silloin, kun otetaan huomioon vain 100 % aktivoituneet tarrat (accuracy 71,1 %) (taulukko 3). ”Precision”-arvoista taas voidaan kuitenkin päätellä kaikkien testausten kohdalla, että tarrat antavat paljon vääriä hälytyksiä. Erityisesti jos otetaan huomioon kaikki vähintään 20 % aktivoituneet tarrat, on kaikista tarrojen perusteella kirjatuihin kiimahavainnoista oikeita kiimoja vain 5,8 %. Jos kuitenkin rajataan testauksessa mukaan vain 100 % aktivoituneet tarrat, menetelmän tarkkuus löytää oikeat kiimat huononee vain viiteen prosenttiin (sensitivity 5,0 %). Tapauksissa, joissa otettiin huomioon vähintään 20 tai 50 % aktivoituneet tarrat, oikeiden negatiivisten tunnistaminen on runsaiden väärin positiivisten tulosten takia heikompi (specificity 70,9 % ja 87,3 %). Kun lasketaan mukaan vain vähintään 80 % tai 100 % aktivoituneet tarrat, ”specificity”-arvon mukaan tunnistetaan jo molemmissa tapauksissa yli 90 % oikeista negatiivisista päivistä (specificity 94,8 % ja 96,7 %). Aiemmissa tutkimuksissa seisovan kiiman häntäkyhmyyn kiinnitettäviä mittareita on pidetty tehokkaana kiimantunnistusmenetelmänä (Rorie et al. 2002), mutta tämän tutkimuksen perusteella niiden antamien kiimahälytysten tulkinnassa tulisi olla kriittinen useiden häiriötekijöiden vuoksi.

5.8 Mahdolliset ongelmat testauksessa

Yksi mahdollinen ongelma testauksessa ja sen ajoittumisessa saattavat olla lehmien laidun- ja tarhajakso, joissa lehmät pääsivät kesän aikana käymään laitumella tai navetan viereen rakennetussa ulkoilutarhassa ryhmissä. Ensimmäisten ulkoilukertojen aikana lehmien aktiivisuus oli korkea ulospääsyn innoittamien ryntäilyjen ja pukittelujen takia. Saattaa siis olla mahdollista, että jotkut näinä

kyseisinä päivinä laitteiden tunnistamat hälytykset saattavatkin olla vain ulkoleikkien aiheuttamaa aktiivisuuden lisääntymistä. Vaikka Heatime-RuminActin kohdalla suuri osa näistä ulkoilun aiheuttamista vääristä hälytyksistä karsiutui uuden algoritmin myötä, voi joitakin olla vielä jäänyt aineistoon.

Toiseksi ongelmaksi voidaan mahdollisesti laskea lehmien sairaudet ja vammat. Kaikkien testauksen osalta aineistosta on poistettu sairaslehmien parsijaksot sen takia, että parteen kiinnitettynä lehmän aktiivisuus ei voi nousta luonnollisesti kiiman aikana ja sairaana sen kiiman ilmentäminen voi olla heikompaa kuin normaalisti. Vaikka siis sairasparsijaksot on poistettu lehmäkohtaisesti, voi olla, että karjan joukossa on silti ollut jollakin tavalla sairaita lemmiä tutkimuksen aikana, joita ei kuitenkaan ole laitettu sairasparteen. Vaikka näillä lehmillä ei olisi ollut tarvetta sairasparteen, voi silti olla mahdollista, että sairaus tai kivut vaikuttavat kiiman ilmentämiseen. Myös sairasparressa olleen lehmän parsijaksoa edeltävien ja jälkeisten päivien havaintoihin tulisi suhtautua varauksella, sillä sairaus on voinut vaikuttaa kiiman ilmentämiseen jo ennen parsijaksoa tai sen jälkeen.

Yksi mahdollinen ongelma Heatime-RuminAct –järjestelmän kohdalla saattaa liittyä aineiston katkoksiin. Vaikka viimeisessä kyseisen järjestelmän testauksessa katkokset poistettiin aineistosta, ei silti ole varmaa tietoa siitä, vaikuttaako katkos sen jälkeisten päivien mittauksiin. Jos laitteen toiminta perustuu jokaisen lehmän yksilöllisen aktiivisuustason mittaamiseen ja sen muutosten havaitsemiseen, on olennaista pohtia, vaikuttaako pitkä katkos aktiivisuuden mittauksessa myös lehmän laskettuun yksilölliseen aktiivisuustasoon. Jos näin olisi, kyseisen lehmän aktiivisuustaso mittaattaisiin katkoksen ajalta normaalia huomattavasti matalammaksi. Tämän seurauksena olisi mahdollista, että katkoksen jälkeen aktiivisuuden mittauksen palaututtua normaaliksi laite voisikin antaa hälytyksen kohonneesta aktiivisuudesta, vaikka kyseessä olisi ainoastaan paluu normaaliin mittaustilanteeseen.

Kiimatarrojen testauksessa huomattiin jo alkuvaiheessa, että tarrat aktivoituivat kiimahyppyjen lisäksi hyvin herkästi kaikenlaisista häiriötekijöistä. Vaikka pyörivät karjarahjat oli testauksen ajaksi laitettu pois päältä, onnistuivat muutamat lemmät silti raapimaan peräpäättään harjoihin. Lisäksi joidenkin yksilöiden huomattiin raaputtavan takapäättään parrenerottimiin, ruokintakioskin portteihin tai muihin navetan rakenteisiin. Näiden tekijöiden seurauksena tarroissa oli usein aktivoituneita naarmuja ja raitoja. Jos lehmä oli raaputtanut tarraa paljon, saattoi tarrasta olla aktivoituneena laajempikin alue.

Muutamissa tapauksissa lehmä oli saanut tarran raaputettua kokonaan irti, jolloin uusi tarra pyrittiin liimaamaan pudonneen tilalle mahdollisimman nopeasti. Aikaisemmissa tutkimuksissa myös muiden lehmän häntäkyhmyyn kiinnitettävien menetelmien suhteen on todettu ongelmia kiinnitet-

tävän tarran tai laitteen paikallaan pysyvyydessä (Saumande 2002) sekä raportoitu karjaharjojen aiheuttamista häiriöistä (Roelofs et al. 2010). Tarrojen yhtenä negatiivisena ominaisuutena huomattiin karvojen irtoaminen liiman mukana häntäkyhmyn päältä, joten mahdollisille näyttelylehmille menetelmä ei ole paras mahdollinen.

Lisäksi huomattiin, että vaikka lehmä ei olisi seisovassa kiimassa, silti toisen lehmän nopea yrittäminen tämän selkään saattoi aktivoida pienen kaistaleen lapusta, joskus jopa yli 20 %. Ongelmaksi muodostui myös joissain tapauksissa ulosteen paakkuuntuminen ja kuivuminen tarran päälle, jolloin rapisevan ulosteen mukana tarrasta irtosi myös pinnan harmaata väriä ja tarra alkoi näyttää aktivoituneelta, tosin huomattavasti epätasaisemmin kuin hyppyjen seurauksena aktivoituneet tarrat.

Edellä mainittujen häiriötekijöiden takia tulokset päätettiin laskea siten, että käytetään eri laskelemissa eri aktivoituneen pinta-alan prosentuaalista määrää. 100 % aktivoituneet tarrat olivat jo hyvin selkeä viesti seisovasta kiimasta ja kirkkaan punaiset täysin aktivoituneet laput oli helppo huomata karjasta. Useissa tapauksissa tarrat siis toimivat tarkoitetulla tavalla, mutta läheskään kaikkien seisovassa kiimassa olleiden lehmien laput eivät silti olleet aktivoituneet koko pinta-alaltaan. Tähän voisi mahdollisesti vaikuttaa lehmien yksilölliset erot kiimakäyttäytymisessä.

5.9 Menetelmien käyttö tiloilla

Useiden aiempien kiimanseurantatutkimuksien ongelma on ollut liian pieni otoskoko statistisia vertailuja ajatellen sekä epätarkka tieto kiiman alkamisesta puutteellisten tai liian harvoin toteutettujen havainnointien vuoksi. Myös eri tutkimuksissa on käytetty erilaisia siemennyksen ajoituksia laitteistoista ja kiiman havainnoinnista riippuen (Nebel et al. 2000). Tämän vuoksi tutkimusten vertailu keskenään on vaikeaa. Myös eri valmistajien laitteistoissa on eroja sekä käytännöllisyydessä että laitteen toiminnassa algoritmia myöten. Tämän tutkimuksen menetelmien tuloksia ei siis voida suoraan verrata toisten tutkimusten menetelmien testaustuloksiin.

Koska kaikissa menetelmissä on omat heikkoutensa ja jokaisen tuloksiin tulisi suhtautua kriittisesti siemennyspäätöstä tehtäessä, ei voida yksin todeta jotakin menetelmää parhaaksi ja kaikilla tiloilla toimivaksi. Parhaimpana kiimanseurantamenetelmänä tiloilla voisi toimia eri kiimanseurantamenetelmien yhdistelmä (Roelofs et al. 2010). Esimerkiksi tässä tapauksessa jokin testatuista menetelmistä voisi toimia hyvin täydennettynä silmämääräisen kiimanseurannan havainnoilla. Kuitenkin mikä tahansa kiimanseurantamenetelmä on käytössä tilalla, oman kiimantunnistuksen lisäksi ennen siemennystä suositellaan vielä karjanhoitajan, eläinlääkärin tai siementäjän tekemää mu-

nasarjojen ja kohdun tarkastamista rektaalisesti oikean siemennyspäättöksen varmistamiseksi. Käytännössä tiloilla on helpompi vähentää vääriä positiivisia kiimahälytyksiä kuin vähentää väärin negatiivisten hälytysten määrää (Roelofs et al. 2010). Monet kiimanseurannassa mitattavista käyttäytymiseen, fysiologiaan tai hormonieritykseen liittyvistä muutoksista ovat hyvin vaihtelevia yksilökohtaisesti ja siksi niitä on vaikea mitata rutiininomaisesti (Nebel et al. 2000).

Laitteen toimivuuden ja käytännöllisyyden suhteen tiloilla ongelmaksi voi muodostua laitteistojen mahdolliset viiveet kiimatiedon saamisesta karjanhoitajalla. Jos laite lukee tiedot lehmän käyttäytymisen muutoksista vasta lypsyllä, voi olla mahdollista, että kiiman tärkeät ensihavainnot jäävät huomaamatta. Jos laite ei siirrä reaaliajassa tietoa lehmän liikkeistä ihmisten nähtäville, voi ongelmaksi muodostua kiiman alkamisen epäselvyys ja siemennyksen huono ajoitus. Jos laite siirtää koko ajan tietoa, karjanhoitajien on mahdollista huomata kiiman alku ja suunnitella siemennykselle optimaalisin aika (Nebel et al. 2000, Maatje et al. 1997a).

6. POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän testauksen perusteella voidaan päätellä, että kiimatarrat saattavat toimia seisovan kiiman tunnistamisessa, jos otetaan huomioon vain suurelta pinta-alalta aktivoituneet tarrat. Menetelmää huonontavat useat häiriötekijät tarrojen aktivoitumisessa, joten aktivoitumisen tulkitsemisessa on oltava kriittinen ja otettava huomioon vain selvästi toisen lehmän hyppäämisestä aiheutuneet laajalta pinta-alalta aktivoituneet tarrat. Liimasta ja paikallisesta karvojen irtoamisesta tarran mukana voi aiheutua lehmälle lievää epämukavuutta ja erityisesti näyttelylehmille ulkonäöllistä haittaa.

Nedap Lactivatorin osalta kiimantunnistus jäi heikommaksi kuin Heatime-RuminActilla. Väärin positiivisten hälytysten määrä kuitenkin oli vähäisempää ja siten myös oikeiden negatiivisten päivi-en tunnistaminen parempaa. Jos kuitenkin oikeiden kiimapäivien tunnistaminen jää laitteen puolesta näin heikoksi, on sen seurauksena mahdollista menettää siemennysmahdollisuuksia huomaamatta jääneiden kiimojen takia ja sen takia poikimisväli pitenee. Tutkimusnavetassa Nedap-järjestelmää ei kuitenkaan ole yritetty muokata toimimaan luotettavammin, koska kiimojen havainnointi on perustunut silmämääräisen kiimantarkkailun havaintoihin. Paremmiin säädettyinä Nedap-järjestelmä voisi toimia luotettavammin normaalikäytössä. Nedap-sensorit voisivat siis oikein säädettyinä toimia, mutta parannusta kiimantarkkailuun askelmittareiden avulla toisi reaaliaikainen tiedonsiirto antureista järjestelmään kiiman oikean alkamisajankohdan havaitsemiseksi ajoissa.

Heatime-RuminAct –pantojen kiihtyvyyssantureihin perustuva kiimanseuranta osoittautui hieman liian herkäksi positiivisten kiimahälytysten suhteen. Vaikka algoritmia parannettiin ja katkokset poistettiin aineistosta, oli väärin positiivisten määrä silti edelleen Nedap-sensoria korkeampi. Karjanhoitajan tulisikin Heatime-RuminAct –pantojen käytössä noudattaa kriittisyyttä kiimahavaintojen suhteen, koska erityisesti laidun- ja ulkoilujaksot voivat helposti aiheuttaa väärää hälytyksiä. Pantojen toiminta märehälytysten mittareina on kuitenkin tutkimusnavetalla todettu helppona karjan terveyden seurantatapana ja myös järjestelmän kiimatietoja on käytetty paljon siemennyspäätösten tukena.

Tilanomistajan kannalta suositeltavin ratkaisu olisi siis kiimanseurantamenetelmien yhdistäminen, esimerkiksi jonkin tässä tutkimuksessa testatun menetelmän yhdistäminen silmämääräisen kiimantarkkailun havaintojen kanssa. Näin olisi mahdollista suhtautua tarpeeksi kriittisesti menetelmän antamiin tietoihin kiimakierroista, mutta saada myös silmämääräisen tarkkailun havainnoille vahvistusta menetelmien antamista hälytyksistä.

Koska tässä tutkimuksessa testattiin samanaikaisesti useampaa eri menetelmää, ei tässä tapauksessa ollut mahdollista noudattaa yhden menetelmän kehittäjän tarkkaa ohjenuoraa siemennyksen ajankohdasta. Jokaisen laitteistojen ja tarrojen toiminta perustuu hieman eri kiiman ilmentämisen ajankohtaan, joten myös siemennyksen suositeltu ajoittaminen oli valmistajien mukaan eri aikaan. Tästä syystä yksittäisen menetelmän tarkemman toimivuuden ja luotettavuuden suhteen tulisi tutkia, mikä olisi onnistuneiden siemennysten määrä tutkimustilanteessa, jossa siemennys ajoitetaan tarkalleen valmistajan ohjeen mukaan.

KIITOKSET

Haluan kiittää tutkielmani ohjaajia professori Jaakko Monosta ja FM Mikko Järvistä avusta työn suunnittelussa ja kehittämisessä, sekä FT Eeva Kuusela tarkastusavusta ja kommentista. FM Sari Kajavaa ja tutkimusmestari Martti Suvilehtoa haluaisin kiittää avusta koko tutkimuksen suunnittelussa ja toteutuksessa. Kiitos myös FM Salla Ruuskalle avusta tutkimuksen asettelun ja testausten suunnittelussa. Kiitän koko navetan väkeä tutkimuksen toteuttamisesta ja avusta myös sen kehittämisessä. Kiitos tutkimusavustaja Kaija Rissaselle ja tutkimusmestari Tiina Kokolle suuresta avusta kiimatarraututkimuksen toteutuksen kanssa kesän aikana. Avusta aineiston käsittelyssä ja tulkinnassa haluaisin kiittää FM Maarit Hyrkästä, FM Lilli Frondeliusta ja tutkimussihteeri Juhani Sepposta.

- Agarwal, S., Ahmed, F.A., Kumar, S., Kumar, S. 2008: Estrous detection: Recent concepts and technologies. – North-East Veterinarian 8 (2): 8-11.
- At-Taras, E.E. & Spahr, S.L. 2001: Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. – Journal of Dairy Science 84: 792-798.
- Blanchard, T., Kenney, D., Garcia, M., Kristula, M., Wolfer, J., Haenlein, G. 1987: Relationship of declines in grain consumption and milk yield to estrus in dairy cattle. – Theriogenology 28: 407-415.
- Bolocan, E. 2009: Effects of heat stress on sexual behavior in heifers. – Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies 42 (1).
- Collier, R.J., Dahl G.E., VanBaale, M.J. 2006: Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. – Journal of Dairy Science 89: 1244-1253.
- Cutullic, E., Delaby, L., Causeur, D., Michel, G., Disenhaus, C. 2008: Hierarchy of factors affecting behavioural signs used for oestrus detection of Holstein and Normande dairy cows in a seasonal calving system. – Animal Reproduction Science 113: 22-37.
- Dijkhuizen, T.J. & van Eerdenburg, F.J.C.M. 1997: Behavioural signs of oestrus during pregnancy in lactating dairy cows. – Veterinary Quarterly 19:4, 194-196.
- Farris, E.J. 1954: Activity of dairy cows during estrus. – Journal of the American Veterinary Medical Association 125: 117-121.
- Firk, R., Stamer, E., Junge, W., Krieter, J. 2002: Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. – Livestock Production Science 75: 219-232.
- Foote, R.H. 1975: Estrus detection and estrus detection aids. – Journal of Dairy Science 58: 248-256.
- Forde, N., Beltman, M.E., Lonergan, P., Diskin, M., Roche, J.F., Crowe, M.A. 2011: Oestrus cycles in *Bos Taurus* cattle. – Animal Reproduction Science 124: 163-169.
- Gartland, P., Schiavo, J., Hall, C.E., Foote, R.H., Scott, N.R. 1976: Detection of estrus in dairy cows by electrical measurements of vaginal mucus and by milk progesterone- – Journal of Dairy Science 59: 982-985.
- Gilmore H.S., Young, F.J., Patterson, D.C., Wylie, A.R.G., Law, R.A., Kilpatrick, D.J., Elliott, C.T., Mayne, C.S. 2011: An evaluation of the effect of altering nutrition and nutritional strategies in early lactation on reproductive performance and estrous behavior of high-yielding Holstein-Friesian dairy cows. – Journal of Dairy Science 94: 3510–3526.
- Kerbrat, S. & Disenhaus, C. 2004: A proposition for an updated behavioural characterization of the oestrus period in dairy cows. – Applied Animal Behaviour Science 87: 223-238.
- Lehrer, A.R., Lewis, G.S., Aizinbud, E. 1992: Oestrus detection in cattle: recent developments. Animal Reproduction Science 28: 355-361.
- Lopez, H., Satter, L.D., Wiltbank, M.C. 2004: Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. – Animal Reproduction Science 81: 209-223.
- López-Gatius, F., Santolaria, P., Mundet, I., Yániz, J.L. 2005: Walking activity at estrus and subsequent fertility in dairy cows. – Theriogenology 63: 1419-1429.

- Løvendahl, P. & Chagunda M.G.G. 2010: On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. – *Journal of Dairy Science* 93: 93: 249-259.
- Maatje, K., Loeffler, S.H., Engel, B. 1997a: Predicting optimal time of insemination in cows that show visual signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers. *Journal of Dairy Science* 80: 1098-1105.
- Maatje, K., Mol, R.M., Rossing, W. 1997b: Cow status monitoring (health and oestrus) using detection sensors. – *Computers and Electronics in Agriculture* 16: 245-254.
- Mapletoft, R.J., Bó, G.A., Baruselli, P.S. 2009: Control of ovarian function for assisted reproductive technologies in cattle. – *Animal Reproduction* 6, n.1: 114-124.
- Moore, K., Thatcher, W.W. 2006: Major Advances Associated with Reproduction in Dairy Cattle. – *Journal of Dairy Science* 89:1254–1266.
- Mottram, T. 1997: Automatic monitoring of the health and metabolic status of dairy cows. – *Livestock Production Science* 48: 209-217.
- Nebel, R.L., Dransfield, M.G., Jobst, S.M., Bame, J.H. 2000: Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. – *Animal Reproduction Science* 60-61: 713-723.
- Nordéus, K., Båge, R., Gustafsson, H., Humblot, P., Söderquist, L. 2012: The influence of oestrous substances on cyclicity and oestrous behaviour in dairy heifers – *Acta Veterinaria Scandinavica* 54: 26.
- Olechnowicz, J. & Jaskowski 2011: Behaviour of lame cows: a review. – *Veterinarni Medicina* 56: 581-588.
- Palmer, M.A., Olmos, G., Boyle, L.A., Mee, F.J. 2012: A comparison of the estrous behavior of Holstein-Friesian cows when cubicle-housed and at pasture. – *Theriogenology* 77: 382-388.
- Pandey, A.K., Rao, M.M., Kumar, S. 2011: Oestrus detection – An essential prerequisite for optimum fertility in farm animals. – *North-East Veterinarian* 2: 24-26.
- Pennington, J.A., Albright, J.L., Callahan, C.J. 1986: Relationships of Sexual Activities in Estrous Cows to Different Frequencies of Observation and Pedometer Measurements. – *Journal of Dairy Science* 69: 2925-2934.
- Reith, S., Hoy, S. 2012: Automatic monitoring of rumination time for oestrus detection in dairy cattle. – *Animal Production Technology. International Conference of Agricultural Engineering*. http://cigr.ageng2012.org/images/fotosg/tabla_137_C0621.pdf.
- Roelofs, J., van Eerdenburg, F.J.C.M., Soede, N.M., Kemp, B. 2005a: Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. – *Theriogenology* 64: 1690-1703.
- Roelofs, J., van Eerdenburg, F.J.C.M., Soede, N.M., Kemp, B. 2005b: Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. – *Theriogenology* 63: 1366-1377.
- Roelofs, J., López-Gatius, F., Hunter R.H.F., van Eerdenburg, F.J.C.M., Hanzen, Ch. 2010: When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. – *Theriogenology* 74: 327-344.
- Rorie, R.W., Bilby, T.R., Lester, T.D. 2002: Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. – *Theriogenology* 57: 137-148.
- Saint-Dizier, M., Chastant-Maillard, S. 2012: Towards an automated detection of oestrus in dairy cattle. -*Reproduction in domestic animals*, julkaistu internetissä 3.1.2012. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2011.01971.x

- Saumande, J. 2002: Electronic detection of oestrus in postpartum dairy cows: efficiency and accuracy of the DEC® (showheat) system. – *Livestock Production Science* 77: 265-271.
- Sturman, H., Oltenacu, E.A.B., Foote, R.H. 2000: Importance of inseminating only cows in estrus. – *Theriogenology* 53: 1657-1667.
- Trimberger, G.W. 1948: Breeding efficiency in dairy cattle from artificial insemination at various intervals before and after ovulation. – Nebraska, Agricultural Experiment Station, Research Bulletin 153: 1-26.
- Van Vliet, J.H. & Van Eerdenburg, F.J.C.M. 1996: Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows. – *Applied Animal Behaviour Science* 50: 57-69.
- Walker, W.L., Nebel, R.L., McGilliard, M.L. 1996: Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. – *Journal of Dairy Science* 79: 1555-1561

LIITTEET

1. Ensimmäinen testaus

Nedap Lactivator + Karjasilmä

Oikeasti				
		A	$\neg A$	Σ
Nedap Lactivator	A	25	87	112
	$\neg A$	75	19811	19886
	Σ	100	19898	19998

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Nedap Lactivator	99,2 %	22,3 %	25,0 %	99,6 %

Heatime-RuminAct (vanha algoritmi) + Karjasilmä

Oikeasti				
		A	$\neg A$	Σ
Heatime-RuminAct	A	77	615	692
	$\neg A$	23	19283	19306
	Σ	100	19898	19998

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Heatime-RuminAct	96,8 %	11,1 %	77,0 %	96,9 %

2. Toinen testaus

Nedap Lactivator + Karjasilmä, ± 1 päivää

Oikeasti				
Nedap Lactivator	A		$\neg A$	Σ
	A	38	74	112
	$\neg A$	75	19811	19886
	Σ	113	19885	19998

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Nedap Lactivator	99,3 %	33,9 %	33,6 %	99,6 %

Heatime-RuminAct (vanha algoritmi) + Karjasilmä, ± 1 päivää

Oikeasti				
Heatime-RuminAct	A		$\neg A$	Σ
	A	119	573	692
	$\neg A$	23	19283	19306
	Σ	142	19856	19998

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Heatime-RuminAct	97,0 %	17,2 %	83,8 %	97,1 %

3. Kolmas testaus

Nedap Lactivator + Karjasilmä & Siemennyspäivä

Oikeasti				
		A	$\neg A$	Σ
Nedap Lactivator	A	57	55	112
	$\neg A$	78	19808	19886
	Σ	135	19863	19998

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Nedap Lactivator	99,3 %	50,9 %	42,2 %	99,7 %

Heatime-RuminAct (vanha algoritmi) + Karjasilmä & Siemennyspäivä

Oikeasti				
		A	$\neg A$	Σ
Heatime-RuminAct	A	100	592	692
	$\neg A$	35	19271	19306
	Σ	135	19863	19998

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Heatime-RuminAct	96,9 %	14,5 %	74,0 %	97,0 %

4. Neljäs testaus

Nedap Lactivator + Karjasilmä & Siemennyspäivä, ± 1 päivää

Oikeasti				
		A	$\neg A$	Σ
Nedap Lactivator	A	64	48	112
	$\neg A$	78	19808	19886
	Σ	142	19856	19998

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Nedap Lactivator	99,4 %	57,1 %	45,1 %	99,8 %

Heatime-RuminAct (vanha algoritmi) + Karjasilmä & Siemennyspäivä, ± 1 päivää

Oikeasti				
		A	$\neg A$	Σ
Heatime-RuminAct	A	152	540	692
	$\neg A$	35	19271	19306
	Σ	187	19811	19998

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Heatime-RuminAct	97,1 %	22,0 %	81,3 %	97,3 %

5. Viides testaus

Heatime-RuminAct (uusi algoritmi) + Karjasilmä & Siemennys

Oikeasti				
		A	$\neg A$	Σ
Heatime-RuminAct	A	93	369	462
	$\neg A$	42	19494	19536
	Σ	135	19863	19998

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Heatime-RuminAct	97,9 %	20,1 %	68,9 %	98,1 %

Heatime-RuminAct (uusi algoritmi) + Karjasilmä & Siemennys +-1 päivää

Oikeasti				
		A	$\neg A$	Σ
Heatime-RuminAct	A	137	325	462
	$\neg A$	42	19494	19536
	Σ	179	19819	19998

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Heatime-RuminAct	98,2 %	29,7 %	76,5 %	98,4 %

6. Kuudes testaus

Heatime-RuminAct (uusi algoritmi) + Karjasilmä & Siemennys

Oikeasti				
		A	$\neg A$	Σ
Heatime-RuminAct	A	91	322	413
	$\neg A$	37	14757	14794
	Σ	128	15079	15207

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Heatime-RuminAct	97,6 %	22,0 %	71,1 %	97,9 %

Heatime-RuminAct (uusi algoritmi) + Karjasilmä & Siemennys +-1 päivää

Oikeasti				
		A	$\neg A$	Σ
Heatime-RuminAct	A	132	281	413
	$\neg A$	37	14757	14794
	Σ	169	15038	15207

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
Heatime-RuminAct	97,9 %	32,0 %	78,1 %	98,1 %

7. Estrus Alert –testaus

20% Estrus Alert + Karjasilmä & Siemennys

Oikeasti				
		A	¬ A	Σ
20% Estrus Alert	A	21	339	360
	¬ A	5	824	829
	Σ	26	1163	1189

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
20% Estrus Alert	71,1 %	5,8 %	80,8 %	70,9 %

50% Estrus Alert + Karjasilmä & Siemennys

Oikeasti				
		A	¬ A	Σ
50% Estrus Alert	A	17	148	165
	¬ A	9	1015	1024
	Σ	26	1163	1189

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
50% Estrus Alert	86,8 %	10,3 %	65,4 %	87,3 %

80% Estrus Alert + Karjasilmä & Siemennys

Oikeasti				
		A	¬ A	Σ
80% Estrus Alert	A	16	61	77
	¬ A	10	1102	1112
	Σ	26	1163	1189

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
80% Estrus Alert	94,0 %	20,8 %	61,5 %	94,8 %

100% Estrus Alert + Karjasilmä & Siemennys

Oikeasti				
		A	¬ A	Σ
100% Estrus Alert	A	13	38	51
	¬ A	13	1125	1138
	Σ	26	1163	1189

	Accuracy	Precision	Sensitivity	Specificity
100% Estrus Alert	95,7 %	25,5 %	5,0 %	96,7 %